

# Ocena zgodności telekomunikacyjnych terminali głosowych według normy TBR 38

Maria Jolanta Trzaskowska

*Opisano procedury badawcze do przeprowadzania kompleksowych pomiarów parametrów głosowych terminali telekomunikacyjnych, zgodnie z dokumentem europejskim TBR 38, według dyrektywy UE 1999/5/EC. Procedury te zostały wdrożone w Centralnym Laboratorium Badawczym Instytutu Łączności w Warszawie.*

*telefonometria, jakość usługi głosowej, Centralne Laboratorium Badawcze IŁ*

## Wprowadzenie

Europejski dokument normalizacyjny TBR 38 [13], opracowany przez ETSI, dotyczy badań analogowych telekomunikacyjnych urządzeń końcowych, realizujących usługę głosową i dołączanych do sieci z komutacją kanałów PSTN (*Public Switched Telephone Network*). Określono w nim wymagania potrzebne do dwukierunkowej transmisji mowy w czasie rzeczywistym oraz warunki konieczne do zapewnienia co najmniej minimalnej dopuszczalnej jakości przekazu mowy w czasie transmisji przez publiczną sieć telekomunikacyjną PSTN.

Do 1998 r. dokumenty normalizacyjne TBR 38 [13] i TBR 21 [12], zharmonizowane z dyrektywą Unii Europejskiej 1997/13/EC [1], stanowiły podstawę technicznej oceny telekomunikacyjnych terminali przewodowych, przeznaczonych do współpracy z siecią PSTN Wspólnoty, zgodnie z obowiązującą wówczas procedurą homologacji. W 1997 r. ETSI zmieniło oznaczenia dokumentów TBR 21 na EN 300 001 V.1.5.1 [3], a TBR 38 na ES 200 677 V.1.2.1 [4]. Mimo tej zmiany specjaliści w dziedzinie telefonometrii stosują nadal dawne nazwy dokumentów.

W 1999 r. została zniesiona homologacja i zastąpiono ją obowiązkową lub dobrowolną oceną zgodności, która jest dokonywana w odniesieniu do kryteriów oraz wymagań zasadniczych, określonych w dyrektywie 1999/5/EC [2] (wymagania zawarte w dokumentach TBR 21 i TBR 38 wpisują się w art. 3.3 tej dyrektywy). Chociaż ocena zgodności nie jest obowiązkowa, wielu operatorów na terenie Wspólnoty, mając ustawowy obowiązek udostępniania producentom wymagań technicznych na interfejsy sieci, przyjęło te dokumenty jako wymagania, ustala ich zakres i stosuje je do dzisiaj. Są one również podstawowymi aktami normatywnymi w laboratoriach badawczych krajów Wspólnoty.

## Procedury badawcze

W celu poszerzenia oferty Centralnego Laboratorium Badawczego Instytutu Łączności, akredytowanego w Polskim Centrum Akredytacji (PCA), o badania sprawdzające zgodność z europejskimi dokumentami normatywnymi, zostało przygotowane stanowisko pomiarowe do badań parametrów akustycznych głosowych terminali telekomunikacyjnych, według normy TBR 38. Opracowano instrukcje pomiarowe, zawierające: metodyki, układy pomiarowe i opis środowiska akustycznego badań, poziomy badań przy nadawaniu i odbiorze oraz budżet niepewności pomiarów parametrów transmisyjnych mowy. W 2006 r. przewiduje się zgłoszenie nowych procedur badawczych do akredytacji.

Nowe procedury badawcze dotyczą pomiarów następujących parametrów transmisyjnych mowy:

- wskaźników głośności przy nadawaniu SLR (*Sending Loudness Rating*),
- wskaźników głośności przy odbiorze RLR (*Receiving Loudness Rating*),
- wskaźników głośności efektu lokalnego STMR (*Side Tone Masking Rating*),
- liniowości przy nadawaniu i przy odbiorze (*Sending and Receiving Linearity*),
- charakterystyki częstotliwościowej skuteczności nadawczej i odbiorczej (*Sending and Receiving Sensitivity/Frequency Response*),
- szumów przy nadawaniu i przy odbiorze (*Sending and Receiving Noise*),
- niestabilności (*Instability*),
- tłumienności dopasowania w warunkach echa ERL (*Echo Return Loss*),
- zniekształceń nieliniarnych przy nadawaniu i przy odbiorze (*Sending and Receiving Distortion*).

Tematyka niniejszego komunikatu jest ograniczona do pomiaru wskaźników głośności LR (*Loudness Rating*) terminali głosowych.

## Pomiar wskaźników głośności

### Metoda pomiaru

Wskaźnik głośności sygnału mowy  $LR$  transmitowanego przez łącze telefoniczne jest określony równaniem [10]:

$$LR = -\frac{10}{m} \lg \left[ \sum_{i=1}^N 10^{\frac{m}{10}(L_i - W_i)} \right], \quad (1)$$

gdzie:  $N$  – liczba odpowiednich pasm częstotliwości,

$i$  – numer pasma o częstotliwości środkowej  $f_i$  (zwykle częstotliwości  $f_i$  są wybrane z 1/3 oktawowymi odstępami, zaczynając od 200 Hz do 4000 Hz, czyli  $N = 14$ ),

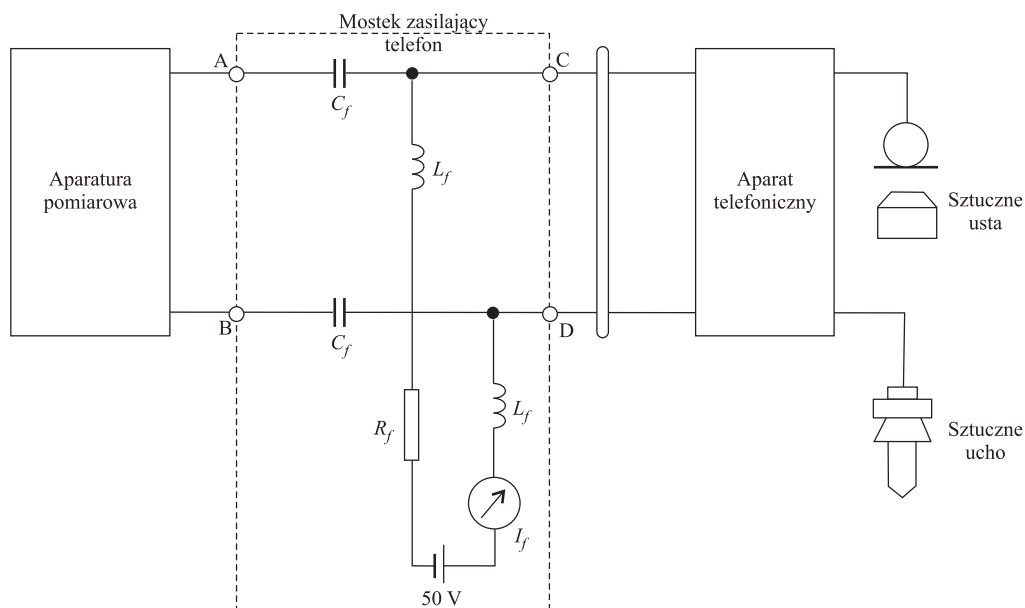
$L_i$  – skuteczność sygnału o częstotliwości  $f_i$ ,

$W_i$  – współczynnik wagowy dla częstotliwości  $f_i$ ,

$m$  – współczynnik wzrostu głośności.

Wszystkie badania jakości transmisji mowy powinny być wykonane w układzie pomiarowym przedstawionym na rys. 1.

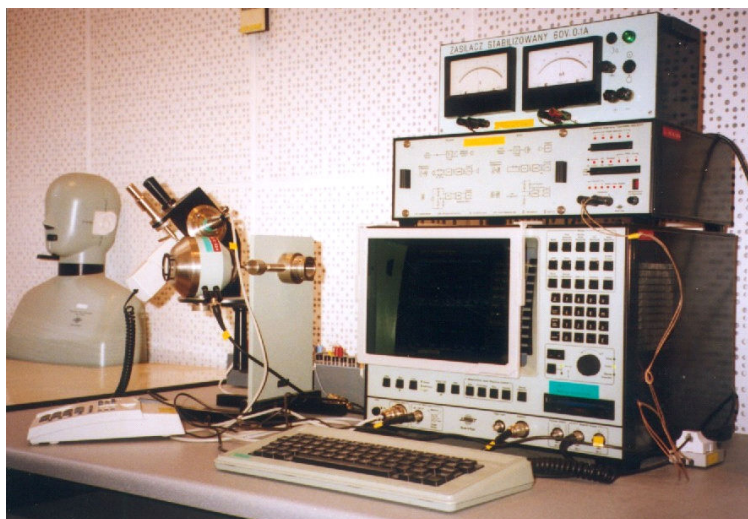
Wskaźniki głośności mierzy się w funkcji prądu w linii abonenckiej. Zmiana długości linii jest symulowana zmianą prądu  $I_f$  (przez zmianę rezystancji zasilania  $R_f$ , odpowiednio: 2800  $\Omega$ , 1000  $\Omega$  i 500  $\Omega$ ). W normie [11] zaleca się, aby badanie to wykonać w funkcji długości linii abonenckiej od 0 do ok. 5 km, co odpowiada tłumieniu linii abonenckiej od 0 do 8,5 dB.



Rys. 1. Układ do pomiaru parametrów transmisji mowy

### Opis stanowiska pomiarowego

W Centralnym Laboratorium Badawczym IŁ wskaźniki głośności telekomunikacyjnych urządzeń końcowych głosowych mierzy się zestawem, którego podstawowym wyposażeniem jest analizator akustyczny (rys. 2).



Rys. 2. Stanowisko do pomiarów telefonometrycznych z analizatorem akustycznym typu 2012 firmy Brüel & Kjær

W skład zestawu wchodzi następujące urządzenia firmy Bruel & Kjaer:

- analizator akustyczny typu 2012 wraz z oprogramowaniem,
- interfejs telefoniczny typu 5906/WH 2517,
- sztuczna głowa typu 4905 (sztuczne usta typu 4227, sztuczne ucho typu 4185),
- ploter graficzny typu 2319.

Poziom ciśnienia dźwięku w punkcie odniesienia sztucznych ust MRP (*Mouth Reference Point*) wynosi  $-4,7$  dB względem  $1$  Pa [10]. Jest on nazywany **normalnym poziomem mowy**. Stosuje się go w pomiarach laboratoryjnych. Natomiast doświadczalnie jest wyznaczony, tzw. **normalny poziom słyszenia**. Wynosi on  $-18$  dB względem  $1$  V w punkcie odniesienia sztucznego ucha ERP (*Ear Reference Point*) [10].

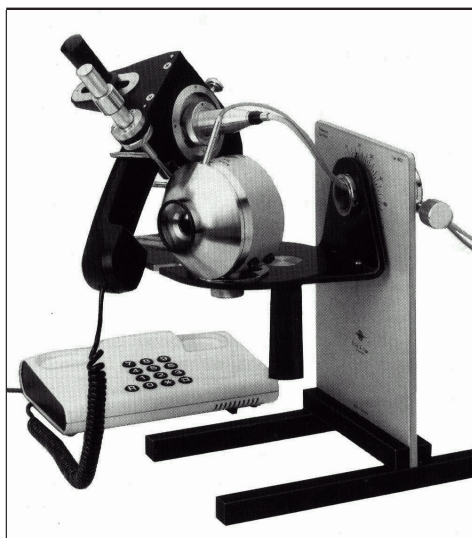
W telefonometrii, w pomiarze wskaźników głośności mówca i słuchacz są reprezentowani odpowiednio przez sztuczne usta [8] i sztuczne ucho [9].

Sztuczne usta wytwarzają dźwięk, którego współczynnik zniekształceń nieliniowych  $h$  nie przekracza  $1\%$ , o wymaganym poziomie ciśnienia akustycznego  $L = 100$  dB SPL (*Sound Pressure Level*) niezależnym od częstotliwości w pasmie od  $200$  Hz do  $8$  kHz, w punkcie odniesienia ust.

Rozkład ciśnienia akustycznego na wyjściu sztucznych ust jest zbliżony do widma głosu wokół ust człowieka.

Sztuczne ucho charakteryzuje się impedancją akustyczną zbliżoną do impedancji ucha człowieka podczas odsłuchu telefonicznego. Sztuczne ucho składa się z mikrofonu ciśnieniowego umieszczonego w sprzęgaczu akustycznym o pojemności  $V = 2,5$  cm<sup>3</sup>. Ciśnienie dźwięku jest mierzone w punkcie odniesienia ucha ERP.

Na rys. 3 przedstawiono sztuczną głowę, na której mocuje się mikrotelefon terminalu telekomunikacyjnego [5].



Rys. 3. Sztuczna głowa typu 4905 wraz z zamocowanym mikrotelefonem aparatu telefonicznego

Interfejs telefoniczny zawiera: trzy oddzielne mostki zasilające, wzmacniacz mocy, korektor sztucznych ust, filtr widma mowy oraz odcinki sztucznej linii abonenckiej. System do pomiarów telefonometrycznych z analizatorem typu 2012 zapewnia wymagane pobudzenie akustyczne i elektryczne mikrofonu (mikrofonu oraz wkładki słuchawkowej) aparatu telefonicznego.

Aby wyniki pomiarów były wiarygodne, zestaw pomiarowy musi być wykalibrowany. Są trzy etapy kalibracji:

- skalowanie akustycznego wejścia – sztucznego ucha,
- kalibracja toru elektrycznego analizatora,
- skalowanie akustycznego wyjścia – sztucznych ust.

Wejście akustyczne, czyli wejście sztucznego ucha, jest skalowane bezpośrednio, tzn. określa się czułość mikrofonu dla częstotliwości 1 kHz za pomocą pistonfonu lub kalibratora dźwięku.

Kalibracja toru elektrycznego analizatora odbywa się za pośrednictwem programu komputerowego BZ 5105 (wg ISO R40) w zakresie częstotliwości od 100 Hz do 10 kHz.

Skalowanie akustycznego wyjścia, czyli sztucznych ust, jest przeprowadzane w celu wyznaczenia poziomu sygnału elektrycznego, jaki musi być doprowadzony do sztucznych ust, aby uzyskać pożądane ciśnienie dźwięku w punkcie odniesienia MRP. Skalowania dokonuje się za pośrednictwem programu BZ 5105 (wg ISO R40) w zakresie częstotliwości od 100 Hz do 10 kHz.

Po skalowaniu zestaw pomiarowy jest przygotowany do pomiaru wskaźników głośności, charakterystyk skuteczności częstotliwościowej w torach nadawczym i odbiorczym według instrukcji [6], obowiązującej w Centralnym Laboratorium Badawczym IŁ.

Aby wyniki pomiarów wskaźników głośności były jak najbardziej zbliżone do subiektywnych wrażeń głośności odbieranych przez ludzi, zmierzone skuteczności sygnału  $L_i$  są skorygowane o tzw. współczynniki wagowe  $W_i$ .

Dyskretne wartości współczynników wagowych dla poszczególnych częstotliwości z zakresu od 200 do 4000 Hz są wprowadzone do pamięci analizatora typu 2012. Uwzględnia się je w programie komputerowym typu 7661 przy obliczaniu wskaźników głośności aparatów telefonicznych według wzoru (1), w tym wskaźników głośności LR.

### **Niepewność pomiaru**

Na dokładność pomiaru wskaźników głośności przy nadawaniu decydujący wpływ mają dokładności poszczególnych elementów toru pomiarowego, tj. dokładność kalibratora akustycznego ( $\Delta_1 = \pm 0,2$  dB), dokładność analizatora ( $\Delta_2 = \pm 0,1$  dB), dokładność sztucznych ust ( $\Delta_3 = \pm 0,15$  dB) oraz precyzja zamocowania mikrofonu na sztucznej głowie z uwzględnieniem ciśnienia atmosferycznego ( $\Delta_4 = \pm 0,3$  dB). Pomiar wskaźników głośności w omawianym zestawie pomiarowym jest obciążony sumaryczną niepewnością wynoszącą  $\pm 0,75$  dB, przy przyjętym współczynniku  $k = 2$  z poziomem ufności około 95%.

## Wymagania dotyczące wskaźników głośności

Wartości wskaźnika głośności przy nadawaniu (SLR) mierzonego [4, pkt 4.2.2.1]:

- z rezystancją  $R_f$  o wartościach 2800  $\Omega$  i 1000  $\Omega$  powinny wynosić od 7 do –1 dB,
- z rezystancją  $R_f$  o wartości 500  $\Omega$  powinny wynosić od 10 do –1 dB

Wartości wskaźnika głośności przy odbiorze (RLR) mierzonego [4, pkt 4.2.2.2]:

- z rezystancją  $R_f$  o wartościach 2800  $\Omega$  i 1000  $\Omega$  powinny wynosić od –4 do –12 dB,
- z rezystancją  $R_f$  o wartości 500  $\Omega$  powinny wynosić od –1 do –12 dB.

Metody pomiarowe, opisy stanowisk, warunki badań innych parametrów akustycznych terminali głosowych opisano w instrukcjach pomiarowych [7].

## Podsumowanie

Centralne Laboratorium Badawcze IŁ jest jedynym w Polsce ośrodkiem, który ma w swojej ofercie wykonywanie badań terminali głosowych, według metodyk i wymagań normy TBR 38. Ocena zgodności telekomunikacyjnych terminali głosowych jest dokonywana przez doświadczonych specjalistów za pomocą nowoczesnej aparatury, po konkurencyjnej, niższej cenie niż w laboratoriach badawczych w krajach UE, np. w Niemczech i w Wielkiej Brytanii.

Przy eksporcie terminali głosowych do krajów Wspólnoty jest niezbędna deklaracja o spełnianiu przez te urządzenia warunków technicznych określonych m.in. w normach europejskich TBR 21 (parametry elektryczne) i TBR 38 (parametry teletransmisyjne mowy). Poparcie deklaracji rzetelnymi testami technicznymi wykonanymi w Centralnym Laboratorium Badawczym IŁ powinno ułatwić tym produktom wejście na rynki Wspólnoty.

## Bibliografia

- [1] *Directive 1997/13/EC of the European Parliament and of the Council of 10 April 1997 on a common framework for general authorisations and individual licences in the field of telecommunications services*, OJ L 117, 7.05.1997, p. 15
- [2] *Directive 1999/5/EC of the European Parliament and of the Council of 9 March 1999 on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity*, OJ L 91, 7.04.1999, p. 10
- [3] EN 300 001 V1.5.1: *Attachments to Public Switched Telephone Network (PSTN); General technical requirements for equipment connected to an analogue subscriber interface in the PSTN*. October 1998
- [4] ES 200 677 V1.2.1: *Public Switched Telephone Network (PSTN); Requirements for handset telephony*. March 1998
- [5] I-ETS 300 480: *Public Switched Telephone Network (PSTN); Testing specification for analogue handset telephony*. January 1996
- [6] Instrukcja pomiarowa IŁ nr L4-1/1. Warszawa, Instytut Łączności, 1997



- [7] Instrukcje pomiarowe IŁ: CL3/26 – CL3/37. Warszawa, Instytut Łączności, 2004
- [8] ITU-T Rec. P.51: *Artificial mouth*. 1996
- [9] ITU-T Rec. P.57: *Artificial ears*. 1996 (Pre-published 2005)
- [10] ITU-T Rec. P.79: *Calculation of loudness ratings for telephone sets*. 1999
- [11] PN-T-83001: *Aparaty telefoniczne elektroniczne ogólnego przeznaczenia współpracujące z analogowymi łączami abonenckimi – Wymagania i badania*. 1999
- [12] TBR 21: *Terminal Equipment (TE); Attachment requirements for pan-European approval for connection to the analogue Public Switched Telephone Networks (PSTNs) of TE (excluding TE supporting the voice telephony service) in which network addressing, if provided, is by means of Dual Tone Frequency (DTMF) signaling*. January 1998
- [13] TBR 38: *Public Switched Telephone Network (PSTN); Attachment requirements for a terminal equipment incorporating an analogue handset function capable of supporting the justified case service when connected to the analogue interface of the PSTN in Europe*. May 1998
- [14] Trzaskowska M., Zadrozny W.: *Wskaźniki głośności – miara oceny jakości aparatów telefonicznych*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2004, nr 3-4, s. 91–95

### Maria Jolanta Trzaskowska



Dr inż. Maria Jolanta Trzaskowska (1957) – absolwentka Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej (1983); długoletni pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (od 1983); zainteresowania naukowe: akustyka telekomunikacyjna i jakość usługi głosowej w sieciach łączności elektronicznej.

e-mail: M.Trzaskowska@itl.waw.pl